

(19)中华人民共和国专利局



(51)Int.Cl.<sup>4</sup>

C04B 35/58  
B23B 27/14  
B24B 3/36

(12)发明专利申请公开说明书

(11) CN 85 1 00128 A

(43)公开日 1986年8月20日

(21)申请号 85 1 00128

(22)申请日 85.4.1

(71)申请人 清华大学

地址 北京市海淀区清华园

(72)发明人 罗振壁 苗赫濯 江作昭 袁待群  
马德金

(74)专利代理机构 清华大学专利事务所  
代理人 付尚新

(54)发明名称 超硬、难加工材料切削刀具及刃磨和  
使用方法

(57)摘要

一种改进的高耐磨性氮化硅基韧性复合陶瓷切削刀具和它的刃磨与使用方法,能够适应多种金属与非金属材料、工程塑料与复合材料粗精加工,特别是能胜任多种超硬、难加工材料坯件拔荒粗加工与工件半精加工和精加工。高的红硬性、长的切削寿命和稳定的化学性能使这种刀具能实现超高速切削、高材料切除率加工和高的加工精度与表面光洁度加工,并能扩大现有机床的工艺能力获取良好的经济效益。切削试验与生产应用证明其切削性能优于硬质合金刀具和现有的陶瓷刀具。

242/8602108/12

BEST AVAILABLE COPY

北京市期刊登记证第1405号

CN 85 1 00128 A

# 权 利 要 求 书

1 一种切削刀具是由刀片(图1)和刀体(杆)(图2)组成，其特征是，刀片材料为氮化硅(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)基韧性复合陶瓷，被制成矩形、长方形、三角形、圆形或各种规定的几何形状，用机械夹固或粘接方式固定于刀体(杆)上，刀体(杆)采用不淬硬的韧性材料制作并按要求的实际切削角度(图3)铣出刀片安装槽(图4)。

2 按权项1所述的切削刀具，其特征是刀片材料经热压、热等静压、气压或无压烧结制得，其配方按重量比为：TiC 2~30%、TiN 0.3~5%、Co 0~9%、MgO 0~10%、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0~10%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0~5%、AlN 0~5%和高纯微细Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 100%。

3 按权项1所述的切削刀具，其特征是刀片几何形状为：(13×13)~(40×40)mm×mm的矩形，(5~15)×(10~80)mm×mm的长方形，(25.3×32×0.4)~(15.88×6.35×1.2)mm的三角形，Φ10~60mm的圆形，外径Φ15~80mm、内径Φ6~30mm的自回转式刀片。刀片厚度3~15mm，刀片安装在刀体(杆)上的切削角度为：前角( $\gamma$ )5°~-14°、后角( $\alpha$ )2°~8°、刃倾角( $\lambda$ )0°~-14°、主偏角( $\varphi$ )15°~75°、付偏角( $\varphi_1$ )0°~30°、刀刃负倒棱(-4°~-30°)×(0.1~0.5mm)、刀尖圆弧半径R≤0.3mm(图3)，在大进给量或高光洁度精加工时，R值可大于0.3mm，在要求断屑时可在前刀面距刀尖1~3mm处磨出台阶形式洼圆弧断屑槽(图5)。

4 按权项1、3所述的刀具，其特征是刀体(杆)采用不淬硬经退火或调质处理的优质中碳钢制作，其牌号为35#~45#，刀体(杆)上刀片安装槽可按γ、α、λ和φ等几何角度要求铣成与刀体(杆)基面呈倾斜的定位面(图4)。

5 一种氮化硅(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)基韧性复合陶瓷刀片的刃磨方法，

其特征是采用人造金刚石磨具、磨料进行刃磨、研抛或修整。

6 按权项5所述的刀片刃磨方法，其特征是，采用人造金刚石砂轮，其规格为：80～180#粒度、75～100%浓度、树脂结合剂的碗形或平形，用金刚石研磨膏添加机油在铸铁等材质研具上研磨刀刃面，研磨膏粒度为W5～W14，研磨剂为10～30#机油，用金刚石油石可代替金刚石研磨膏对粗加工或半精加工用刀片进行现场研抛和修整，其规格为6%浓度、W10～W14粒度。

7 按权项5或6所述的刀片刃磨方法，其特征是，磨削用量为金刚石砂轮线速度V=1400～1800m/min、纵向进给用手动慢速进给、横向进给量0.01～0.03mm/dst（粗磨时）、或≤0.01mm/dst（精磨时），终磨前应进行2～5次不进刀光磨。金刚石砂轮用钝后可用金刚石研磨膏在研具上修研去除圆钝的金刚石砂粒。

8 按权项1、5所述的切削刀具使用方法。其特征是切削用量范围为：加工硬度为Hs50～80的硬铸铁件时，切削速度V=20～75m/min、进给量f=0.1～2.6mm/r、切削深度a=0.2～5mm，硬度为Hs>80的超硬铸铁件时V=10～40m/min、f=0.1～1.2mm/r、a=0.1～3mm，硬度为HRc40～59的淬硬钢时V=30～95m/min、f=0.043～0.45mm/r、a=0.1～3.0mm，硬度为HRc60～68的淬硬钢时V=20～60m/min、f=0.043～0.35mm/r、a=0.1～2mm，硬度HB≤300的普通灰铸铁、半可锻铸铁、镍合金铸铁等件时V=150～1500m/min、f=0.1～2.6mm/r、a=0.1～5mm，加工镍基合金时V=18～110m/min，f=0.1～0.45mm/r、a=0.2～2mm，最佳切削用量应按加工工件材质及硬度在上述范围内择优。

9 按权项8所述的刀具使用方法，其特征是切削淬硬钢和各种铸铁件时不使用冷却润滑液，切削镍基、钛基合金或超硬铸铁件时可使用

冷却润滑液，冷却润滑液的供应必须做到连续、充分和准确，冷却润滑剂为 5~15% 浓度的乳化液或水溶性切削液，流量为 4.5~6 l i t/min。

# 说 明 书

## 超硬、难加工材料 切削刀具及刃磨和使用方法

本发明涉及一种改进的陶瓷刀具和它的刃磨与使用方法，特别是一种能胜任多种超硬、难加工材料坯件拔荒粗加工、工件半精加工与精加工的机械夹固或粘接镶齿切削刀具和它的刃磨与使用方法。

高纯氧化铝陶瓷或氧化铝基复合陶瓷 ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + 15 \sim 30\% \text{TiC}$ ) 刀具的缺点如“切削刀具材料的现状和发展趋势”(Herbert S. Kalish Status Report, Cutting Tool Materials <Metal Progress> No. 11/1983)一文所述主要是性脆。因此尽管它具有不少优点，但由于氧化铝基陶瓷刀具的抗冲击能力差、易崩刃，故它在刀具材料构成比中被限制在1~5%的范围内。冷压或热压烧结制得的 Sialon ( $\text{Si}_3\text{N}_4 - \text{Al}_2\text{O}_3$ ) 陶瓷如“氮化硅为灰铸铁加工提供高切削效率”(“Silicon nitride inserts offer high cutting rates for cast iron <Cutting Tool Engineering> Vol. 35/1983/No. 1-2)一文所述，它不适用于钢件加工，也很少用于有色金属件加工。在以金属，如冷硬铸铁、淬硬钢，和镍基合金等难加工材料加工中要求具有优良韧性、高的硬度与高温强度，在高温与高应力作用下具备高耐磨性的切削刀具(日本专利：No 82145079、No 84146983、No 0469475，美国专利 US-4388085、US-4286905，欧洲专利：No 95129)，特别是具有超高速切削、高材料切除率和高光洁度加工和超硬、难加工材料坯件的拔荒粗切削能力的刀具。

本发明的任务是提供一种由氮化硅 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 基韧性复合陶瓷刀片制作的改进刀具及其刃磨与使用方法，使它能胜任多种超硬、难加工

材料的粗、精切削加工，扩大机床的工艺能力，实现高速、超高速切削、高切除率加工或高精度、高光洁度加工，特别是能胜任多种淬硬钢、硬铸铁坯件的拔荒粗切削。

本发明是通过下述几方面来完成的：将热压、热等静压或气压与无压烧结制取的 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 基韧性复合陶瓷制成规定的几何形状，经刃磨、研抛或修整后装入改进的刀齿槽，在最佳切削条件下进行加工就能实现高速、超高速切削、高材料切除率加工、高精度与光洁度加工，特别是多种硬铁金属坯件的拔荒粗加工。本发明的使用应当遵循以下详述的实施细则：

本发明刀具所采用的刀片材料为高耐磨性的 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 基韧性复合陶瓷，其配方按重量比计可为： $\text{TiC} 2 \sim 30\%$ 、 $\text{TiN} 0.3 \sim 5\%$ 、 $\text{Co} 0 \sim 9\%$ 、 $\text{MgO} 0 \sim 10\%$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3 0 \sim 10\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 0 \sim 5\%$ 、 $\text{AlN} 0 \sim 5\%$ 和高纯微细 $\alpha-\text{Si}_3\text{N}_4 100\%$ 。

刀片可直接压制或切割成形，刀片的几何形状可为： $(13 \times 13) \sim (40 \times 40) \text{mm} \times \text{mm}$ 矩形， $(5 \sim 15) \times (10 \sim 80) \text{mm} \times \text{mm}$ 长方形， $(95.3 \times 32 \times 0.4) \sim (15.88 \times 6.35 \times 12) \text{mm}$ 的三角形，外径 $\varnothing 15 \sim 80 \text{mm}$ 内径 $\varnothing 6 \sim 30 \text{mm}$ 的自回转式刀片， $\varnothing 10 \sim 60 \text{mm}$ 的圆形，刀片厚度为 $3 \sim 15 \text{mm}$ （图1）。刀片安装在刀体（杆）上的切削角度为：前角 $(\gamma) 5^\circ \sim -14^\circ$ 、后角 $(\alpha) 2^\circ \sim 8^\circ$ 、刃倾角 $(\lambda) 0^\circ \sim -14^\circ$ 、主偏角 $(\varphi) 15^\circ \sim 75^\circ$ 、付偏角 $(\varphi_1) 0^\circ \sim 30^\circ$ 、刀刃负倒棱 $(-\gamma' \times a) (-4^\circ \sim -30^\circ) \times (0.1 \sim 0.5 \text{mm})$ 、刀尖圆弧半径 $R \leq 0.3 \text{mm}$ （图3）。在大进给量或高光洁度精加工时 $R$ 值可大于 $0.3 \text{mm}$ 。要求断屑时可在前刀面距刀尖 $1 \sim 3 \text{mm}$ 处磨出 $(15 \times 15) \sim (3 \times 3) \text{mm}$ 台阶形或半径 $r = 1.5 \sim 3 \text{mm}$ 的洼圆弧断屑槽（图5）。

安装刀片的刀体（杆）（图2）用不淬硬经退火或调质处理的优质中碳钢制作，其牌号可为 $35\# \sim 45\#$ ，软质的刀片槽在刀片压紧时可避免受损。本发明采用的镶齿刀结构的特点在于刀片槽底部和侧面定

位面是按刀具实际要求的  $\gamma$ 、 $\alpha$ 、 $\lambda$  和  $\varphi$  角铣出，与刀体（杆）基面呈  $\delta_1$ 、 $\delta_2$  和  $\varepsilon$  角（图4）。 $\delta_1$  角取决于付刀刃的  $\gamma'$  和  $\alpha'$  角， $\delta_2$  角决定于  $\gamma$ 、 $\alpha$  和  $\lambda$  角，经常取  $\angle \delta_1 = \angle -\gamma' = \angle \alpha'$ ， $\angle \delta_2 = \angle -\gamma = \angle \alpha = \angle -\lambda$ ， $\varepsilon$  角决定于  $\varphi$  角。刀片压板应修圆压紧端头以防止偏压或出现干涉，压紧点应在近刀尖一侧。

刀片用人造金刚石砂轮在工具磨床或专用刀具磨床上进行刃磨，砂轮规格可为：80#～180#粒度、75～100%浓度、树脂结合剂（S）的碗形（BW）或平形（P）。用金刚石研磨膏加机油在平板研具上研抛刀刃面，研磨膏粒度可为W5～W14，研磨剂用10#～30#机油，研具材料可为高磷铸铁，I、II级灰铸铁。用金刚石油石可代替金刚石研磨膏在现场对粗加工、半精加工用刀片进行现场研抛和修整，其规格为6%浓度、W10～W14粒度，使用时应蘸少许机油。

金刚石砂轮刃磨刀片时，磨削用量可为：砂轮线速度  $V = 1400 \sim 1800 \text{ m/min}$ 、纵向进给用手动慢速进给、横向进给量  $0.01 \sim 0.3 \text{ mm/dst}$ （粗磨时）或  $\leq 0.01 \text{ mm/dst}$ （精磨时），终磨前应作2～5次不进刀光磨。金刚石砂轮用钝后可用金刚石研磨膏加机油在研具上修研去除钝的金刚石砂粒。

本发明的切削刀具，其切削用量范围可为：加工硬度Hs50～80的硬铸铁件时，切削速度  $V = 20 \sim 75 \text{ m/min}$ 、进给量  $f = 0.1 \sim 2.6 \text{ mm/r}$ 、切削深度  $a = 0.2 \sim 5 \text{ mm}$ ，硬度为Hs > 80的超硬铸铁件时  $V = 10 \sim 40 \text{ m/min}$ 、 $f = 0.1 \sim 12 \text{ mm/r}$ 、 $a = 0.1 \sim 3 \text{ mm}$ ，硬度为HRC40～59的淬硬钢时  $V = 30 \sim 95 \text{ m/min}$ 、 $f = 0.043 \sim 0.45 \text{ mm/r}$ 、 $a = 0.1 \sim 3 \text{ mm}$ ，硬度为HRC60～68的淬硬钢时  $V = 20 \sim 60 \text{ m/min}$ 、 $f = 0.043 \sim 0.35 \text{ mm/r}$ 、 $a = 0.1 \sim 2 \text{ mm}$ ，硬度HB≤300的普通灰铸铁、半可锻铸铁、镍合金铸铁等件时  $V = 150 \sim 1500 \text{ m/min}$ 、 $f = 0.1 \sim 2.6 \text{ mm/r}$ 、 $a = 0.1 \sim 5 \text{ mm}$ ，加工镁基合金时  $V = 18 \sim 110 \text{ m/min}$ 、 $f = 0.1 \sim 0.45 \text{ mm/r}$ 。

$a = 0.2 \sim 2 \text{ mm}$ 。最佳切削用量应按加工工件材质、硬度和加工要求在上述范围内择优。在加工淬硬钢和铸铁件时不使用冷却润滑液，切削镍基和钛基合金或超硬铸铁件时可使用冷却润滑液。冷却润滑液的供应必须做到连续、充分和准确，冷却润滑剂可为5~15%乳化液或水溶性切削液、其流量不小于 $4.5 \sim 6 \text{ lit/min}$ ，以保证切削区受到充足、不间断地冷却。切削试验证实，正确地冷却润滑可使刀具后刀面平均磨损值 $V_B$ 减少 $6/7$ 。

本发明的切削刀具及其刃磨与使用方法已经过大量切削试验和生产现场试验与应用考验，取得良好的效果。在各种淬硬钢( $HRC \leq 68$ )，各种硬铸铁—冷硬铸铁( $H_s \leq 90$ )、白口铸铁和高硬合金耐磨铸铁( $HRC 62 \sim 64$ )等，镍基合金、硬镍喷涂层和镍合金铸铁，有色金属及其合金，热解石墨、玻璃丝层压复合材料，聚苯砜醚等新型工程塑料的加工中，本发明的 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 基韧性复合陶瓷刀的寿命是 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 复合陶瓷刀、 $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$ 陶瓷刀，硬质合金 $HT$ 、 $YG6X$ 、 $YG3$ 、 $YG8N$ 和 $YT14$ 等刀的 $3 \sim 113$ 倍，材料切除率则是它们的 $2 \sim 23$ 倍。它可完成光洁度为 $\nabla 7$ 、加工锥度 $\leq 0.01 \text{ mm}/500 \text{ mm}$ 的硬铁金属件精车或精铣加工。也可完成 $45^\# \nabla 7 \sim \nabla 9$ 的精车削及 $H_s \leq 82$ 的铸造坯件拔荒粗车削。它可在车、铣、刨、钻、挑扣、切槽和镗孔等工序中使用，实现“以车代磨”。

#### 实施例一：高速车削I级灰口铸铁、半可锻铸铁和镍基喷涂层

用本发明的切削刀具在实验室已实现切削速度 $v = 725 \text{ m/min}$ 的I级灰口铸铁、半可锻铸铁件的高速车削。它的刀具寿命是 $YG3$ 硬质合金刀的 $11$ 倍。因现有机床转速和工件直径的限制未能进一步提高切削速度。某厂使用本发明刀具，在加工硬镍1#喷涂层( $HRC60 \sim 62$ )时实现了 $v = 80 \sim 110 \text{ m/min}$ 的高速车削，并已能稳定地用于生产而不崩刃。

#### 实施例二：冷硬铸铁轧辊辊面加工

用本发明的 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 基韧性复合陶瓷刀在五个厂家对 $\varnothing(227 \sim 770) \times (800 \sim 3150) \text{ mm}$ 的冷硬铸铁轧(磨)辊(Hs 66 ~ 90)、无限铸铁轧辊等进行现场切削实验。在铸造坯件的拔荒粗车、工件的粗车、半精车和精车加工中取得良好的效果。

坯件拔荒粗车和工件粗车采用 $20 \times 20 \text{ mm}$  厚 $10 \text{ mm}$  的 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 基韧性复合陶瓷刀片，刀片几何形状呈图1的(b)型，工件粗车时也用过(a)型。工件的半精车用图1的(a)型 $16 \times 16$  或 $20 \times 20 \text{ mm}$  刀片，厚度为 $6 \text{ mm}$ 。在3A64磨床、2M7025工具磨床上，用JR120S100BW $100 \times 32.5 \times 20$ 、JR180S100BW $100 \times 32.5 \times 20$ 的人造金刚石砂轮进行刃磨，磨削用量为 $V = 1433 \text{ m/min}$ 、手动走刀、横向进给 $\sim 0.02 \text{ mm/dst}$ ，磨至 $\nabla 7 \sim \nabla 8$  表面光洁度。拔荒粗车、粗车与半精车刀片用6%浓度、W14的金刚石油石修研，精车刀片用W5金刚石研磨膏加30#机油在灰铸铁小平板上研磨抛光到前刀面 $\nabla 9$ ，后刀面 $\nabla 10 \sim \nabla 11$ 。所使用的刀具几何角度、刀片槽几何角度和拔荒粗车、粗车、半精车和精车的切削用量列于表1。工件材质、硬度与尺寸和加工效果列于表2。

(表1、表2请见下页)

实施例三：车320推土机20Cr渗碳淬火(HRC68)肖套零件

用本发明的刀具在CA6140车床上车削渗硬到HR068的推土机肖套 $\varnothing 78$ 外圆，采用图1a型刀片，几何角度为 $\gamma = -7^\circ$ 、 $\alpha = 7^\circ$ 、 $\lambda = -7^\circ$ 、 $\varphi = 45^\circ$ 、 $\varphi_1 = 15^\circ$ 、负倒棱 $-14^\circ \times 0.1 \text{ mm}$ ， $R = 0.2 \text{ mm}$ ，切削用量为 $V = 38.2 \text{ m/min}$ 、 $f = 0.15 \text{ mm/r}$ 、 $a = 0.25 \text{ mm}$ ，无冷却润滑。与YT30硬质合金刀对比，其刀具寿命是YT30刀的66倍。

实施例四：选择刀具磨损最小(刀具寿命最长)的最佳切削速度和进给量

表1

| 参数<br>工序 | 刀具几何角度(°) |          |    |           |             |   |                 | 刀片槽几何角度(°) |            |               | 切削用量              |                  |                  | 备注  |
|----------|-----------|----------|----|-----------|-------------|---|-----------------|------------|------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|---|
|          | $\gamma$  | $\alpha$ | 入  | $\varphi$ | $\varphi_1$ | 负倒棱<br>(° × mm)                             | R<br>(mm)       | $\delta_1$ | $\delta_2$ | $\varepsilon$ | v<br>(mm/min)     | f<br>(mm/z)      | a<br>(mm)        |   |
| 拔荒粗车     | -7        | 7        | -7 | 20        | 12          | $-20^\circ$<br>$\times 0.5$                 | 0.3<br>~<br>1.5 | 7          | 7          | 0             | 25<br>~<br>30     | 0.8<br>~<br>1.7  | 2.5<br>~<br>3.75 | C650、<br>J481对<br>称床                              |
| 粗车       | -14       | 5        | -5 | 30        | 15          | $-25^\circ$<br>$\times (0.3 \sim$<br>$0.5)$ | 0.2<br>~<br>1.5 | 5          | 5          | 30            | 27.2<br>~<br>34.3 | 0.8<br>~<br>2.6  | 1.75<br>~<br>5   | C650、<br>C630                                     |
| 半精车      | -14       | 5        | -5 | 30        | 15          | $-25^\circ$<br>$\times 0.3$                 | 0.2<br>~<br>1.5 | 5          | 5          | 30            | 47                | 0.38<br>~<br>1.7 | 0.5<br>~<br>3    | CW61800、<br>C630、<br>C8463A、<br>C84125、<br>CA6140 |
| 精车       | -14       | 6        | -7 | 37        | 8           | $-25^\circ$<br>$\times 0.1$                 | 2               | 7          | 7          | 37            | 43                | 0.15<br>~<br>1.2 | 0.15<br>~<br>0.2 | C630  |

被加工件：耐磨镍合金铸铁坯料， $\varnothing 125 \times 180$  mm，材料化学成分为 $\text{C} 235 \sim 294$ 、 $\text{Ni} 14.9 \sim 16.0$ 、 $\text{Cr} 14.1 \sim 21.6$ 、 $\text{Si} 1.71 \sim 2.50$ 、 $\text{Mn} 0.79 \sim 0.99$ 、 $\text{Cu} 7.22 \sim 7.33$ 、 $\text{P} 0.16 \sim 0.30$ 、硬度HB 160 ~ 200、离心浇铸。

为确定该工件加工时使用本发明的 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 基韧性复合陶瓷刀的最佳切削参数，以刀具后刀面B区平均磨损值 $V_B$ 达到最小为目标，通过试验设计和切削试验确定最优的切削速度 $v_0$ 和进给量 $f_0$ ，同时考查 $v$ 与 $f$ 的交互作用、判断 $v$ 与 $f$ 的变化对 $V_B$ 的影响。

根据工件与机床转速级选定 $v$ 与 $f$ 两因素，给定它们的水平，见表3。（表3请见第8页）

表 2

| 工件<br>序<br>号<br>效果 | 工 件  | 加 工 效 果  |                          |                              |   |
|--------------------|--|--|--------------------------|------------------------------|---|
|                    |  | 当后刀面磨损<br>值 $V_B = 0.3 \text{ mm}$ 时<br>刀具寿命的对比  | 切削率<br>对比与<br>其它         | 缩短<br>机工<br>时间<br>(%)        | 加工精度<br>(mm)<br>表面光洁度                           |
| 拔荒粗车               | 冷硬铸铁<br>$H_S 66\sim 82$<br>$\phi 227\sim 256 \times$<br>$800\sim 1000$ | 是 $Y_T 3$ 刀的 5.8 倍,<br>$Al_2O_3$ 复合刀易崩<br>刃。   | $Y_T 3$ 刀<br>的 4.54<br>倍 | 比 $Y_T 3$<br>刀缩<br>短 53<br>% | $0.1\sim 0.5/1000$ ,<br>$\nabla 3\sim \nabla 4$ |
| 粗车                 | 冷硬铸铁<br>$H_S 71\sim 73$<br>$\phi 227\sim 460$<br>$\times 800\sim 2080$ | 是 $Y_T 6X$ 刀的 23<br>倍  | $Y_T 6X$<br>刀的 16.3<br>倍 |                              | $\leq 0.1/1020$<br>$\nabla 4$                   |
| 半精车                | 冷硬铸铁<br>$H_S 71\sim 73$<br>$\phi 227\sim 460$<br>$\times 800\sim 2080$ | 是 $B9$ 陶瓷刀(日本)<br>的 3.48 倍, $Al_2O_3-TiC$<br>(T6) 刀的 6.02 倍,<br>$Al_2O_3-ZrO_2$ 刀的 7.98 倍<br>$H1$ (瑞典) 刀的 24.3 倍 |                          |                              | $\leq 0.1/1020$ ,<br>$\nabla 5\sim \nabla 6$    |
|                    | 无限铸铁<br>$H_S 50\sim 52$<br>$\phi 460 \times 2080$                      | 是 $H_20$ (瑞典) 刀的<br>15.36 倍  |                          |                              |   |
|                    | 冷硬铸铁<br>$H_S 90$<br>$\phi 770 \times 3150$                             | 刀具寿命 940 分钟, 是<br>$Y_T 6X$ 刀的 21 倍   | 节电:<br>774 小时/<br>每件     | 比 $Y_T 6X$<br>刀缩<br>短 73.4%  | $0.1/1000$ ,<br>$\nabla 5, \nabla 6$            |
| 精车                 | 冷硬铸铁<br>$H_S 70\sim 72$<br>$\phi 287 \times 1214$                      | 是 $H_20$ 刀的 6.04 倍   |                          |                              | $< 0.01/508$ ,<br>$\nabla 7$                    |

选用  $L_8 (4^1 \times 2^4)$  正交试验表。在 CA6140 车床上用本发明刀具 ( $\gamma = -5^\circ$ 、 $\alpha = 5^\circ$ 、 $\lambda = -5^\circ$ 、 $\varphi = 4.5^\circ$ 、 $\varphi_1 = 15^\circ$ 、 $-10^\circ \times 0.1 \text{ mm}$ 、 $R 0.1 \text{ mm}$ ) 按随机抽取的试验顺序号进行 8 次  $V$  与  $f$  组合的车削试验。当切削总路程  $L = 870 \text{ m}$  固定不变时, 测定每次切削后后刀面磨损值  $V_B$  得

表 3

| 水平<br>因素                     | 1    | 2    | 3   | 4   |
|------------------------------|------|------|-----|-----|
| 切削速度<br>$V_i (\text{m/min})$ | 94   | 120  | 170 | 265 |
| 进给量<br>$f_j (\text{mm/r})$   | 0.08 | 0.30 |     |     |

表 4。

表 4

| 参数<br>序 | $V$<br>1, 2, 3 | $f$<br>4 | $V \times f$<br>5, 6, 7 | 切削试验序 | $L = 870 \text{ m}$ ,<br>后刀面磨损<br>值 $V_B (\text{mm})$ |
|---------|----------------|----------|-------------------------|-------|---|
| 1       | 94             | 0.08     | 1 1 1                   | 1     | 0.215   |
| 2       | 94             | 0.30     | 2 2 2                   | 5     | 0.20  |
| 3       | 120            | 0.08     | 1 2 2                   | 4     | 0.195   |
| 4       | 120            | 0.30     | 2 1 1                   | 7     | 0.20  |
| 5       | 170            | 0.08     | 2 1 2                   | 3     | 0.17  |
| 6       | 170            | 0.30     | 1 2 1                   | 8     | 0.18  |
| 7       | 265            | 0.08     | 2 2 1                   | 2     | 0.185   |
| 8       | 265            | 0.30     | 1 1 2                   | 6     | 0.195   |

用直观比较法计算对应于  $v_i$ ,  $f_j$  的平均磨损值:

$$\bar{V}_1 = \frac{1}{2}(0.215 + 0.2) = 0.21, \quad \bar{f}_1 = \frac{1}{4}(0.215 + 0.195)$$

$$\bar{V}_2 = \frac{1}{2}(0.195 + 0.2) = 0.20, \quad + 0.17 + 0.185 \\ \bar{V}_3 = \frac{1}{2}(0.17 + 0.18) = 0.18, \quad \bar{f}_2 = \frac{1}{4}(0.2 + 0.2 +$$

$$\bar{V}_4 = \frac{1}{2}(0.185 + 0.195) = 0.19, \quad 0.18 + 0.195 \\ \bar{V}_5 = 0.194$$

由  $V_B$  的平均值来决定切削速度的优值。当取  $V_s = 170 \text{m/min}$  时它对应的后刀面磨损值  $V_B$  最小，故以  $V_s$  为优值。同理  $f_1$  为优值。由于  $f_1$  与  $f_2$  时的平均  $V_B$  值相差很小说明进给量在  $0.08 \sim 0.30 \text{mm/r}$  范围时对  $V_B$  影响不明显。因此可以采用  $V = 170 \text{m/min}$ 、 $f = 0.08 \text{mm/r}$  (或  $0.30 \text{mm/r}$ ) 作切削用量。

重复上述试验一次后按方差分析来考查  $V$  与  $f$  的交互作用，结果是这种交互作用不显著。最佳切削速度与进给量仍为  $170 \text{m/min}$  和  $0.08 \text{mm/r}$  (表 5)

表 5

| 方差            | 平方和     | 自由度 | 均 方      | F 比   | 临界值               | 显著性 | 置信度 |
|---------------|---------|-----|----------|-------|-------------------|-----|-----|
| $V$           | 0.0019  | 3   | 0.00063  | 11.89 | $F_{0.05} = 9.28$ | 显著  | 95% |
| $f$           | 0.00005 | 1   | 0.00005  | 0.94  | $F_{0.2} = 2.7$   | 不显著 |     |
| 误差 $\epsilon$ | 0.00016 | 3   | 0.000053 |       |                   |     |     |

为验证上述作法是否能确定最佳或相对最佳的  $V_s$  与  $f_s$ ，再进行按  $L_{25}(5^*)$  表设计的两因素 5 个水平，即  $V(54, 97, 166, 248, 407) \text{m/min}$ 、 $f(0.08, 0.12, 0.16, 0.20, 0.24) \text{mm/r}$  的正交切削试验来验证，且判定  $V$  与  $f$  交互作用不显著。在实际应用中采用  $V_s = 166 \sim 248 \text{m/min}$ ， $f = 0.08 \sim 0.16 \text{mm/r}$  作为该坯件与工件粗精加工的最佳切削速度和进给量范围。

#### 实施例五：几种刀具切削性能的对比

将本发明的刀具与  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -TiC-Co 系复合陶瓷刀、T6(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC)陶瓷刀、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub> 陶瓷刀(西德)、硬质合金 726、610 和 YN10 刀，在 CA6140 车床上车削硬度 HRC 58~62 的 CrWMn 淬硬工件，Φ120×260 mm，进行切削性能对比得表 6。

表 6

| 切削性能<br>刀具材料                              | 在 $V = 58 \text{ m/min}$ , $f = 0.1 \text{ mm/r}$ , $a = 0.25$<br>时, 当切削总路<br>程 $L = 1373 \text{ m}$ 时<br>后刀面磨损 $V_B$<br>(mm) | 在 $f = 0.1 \text{ mm/r}$ ,<br>$a = 0.25 \text{ mm}$<br>时的最佳切<br>削速度 $V$<br>(m/min) | 在 $V = 58 \text{ m/min}$ ,<br>$f = 0.1 \text{ mm/r}$ ,<br>$a = 0.25 \text{ mm}$ ,<br>固定 $V_B = 0.30 \text{ mm}$<br>时的刀具寿命 $T$<br>(min) |
|---|---|--|--|
| 本发明用的 $\text{Si}_3\text{N}_4$             | 0.09  | 58   | 210  |
| $\text{Si}_3\text{N}_4$ -TiC-Co           | 0.14  | 50   | 101  |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC (T6)         | 0.28  |  | 33   |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ZrO <sub>2</sub> | 0.32  |  |  |
| 726                                       | 不能完成加工  | 6.3  | 3.9  |
| 610                                       | 同上  | 6.3  | 3.5  |
| YN10                                      | 同上  | 12   | 7.6  |

实施结果证明本发明的  $\text{Si}_3\text{N}_4$  基韧性复合陶瓷刀在固定切削总路  $L = 1373 \text{ m}$  时，它的后刀面平均磨损值最小。在固定后刀面磨损  $V_B = 0.30 \text{ mm}$  时，它的刀具寿命达 210 min 是  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -TiC-Co 陶瓷刀的 2.06 倍、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TiC 系陶瓷 (T6) 刀的 7.06 倍、726 刀的 53.8 倍、610 刀的 60 倍、YN10 刀 276.3 倍。它的最佳切削速度为  $V = 58 \text{ m/min}$ ，高于其它刀具。

## 说 明 书 附 图

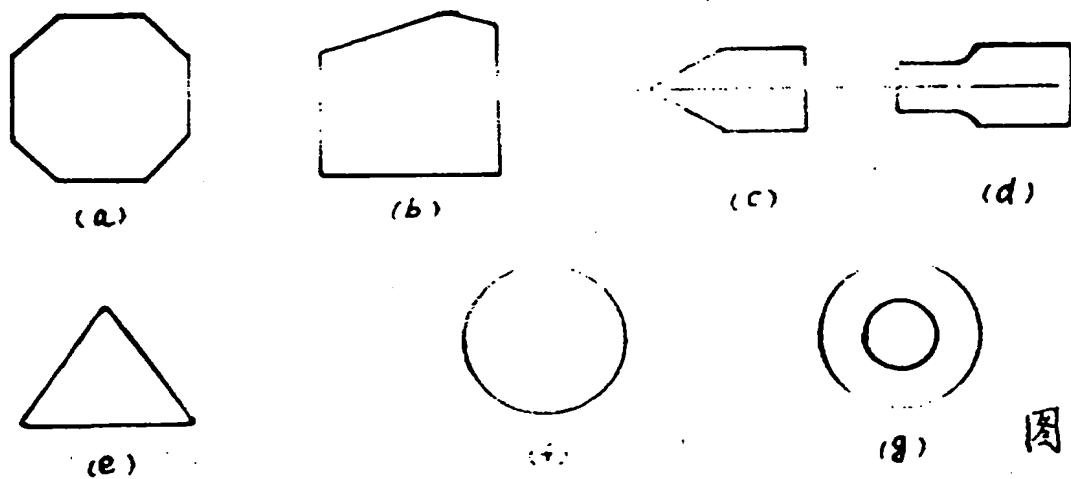


图1

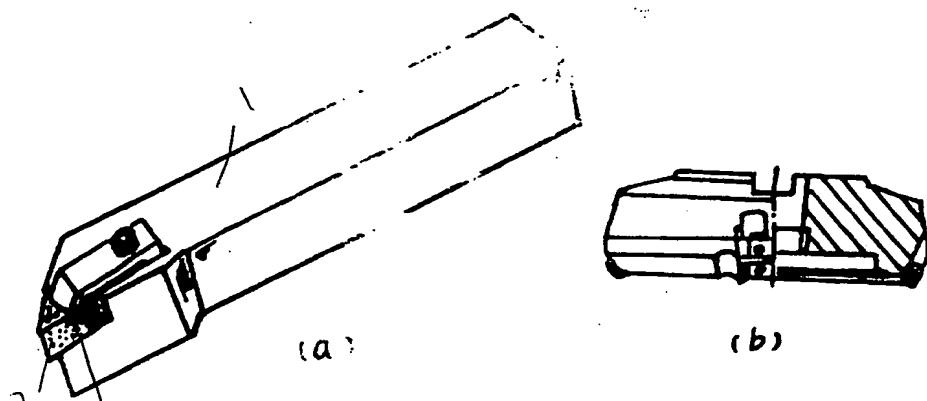


图2

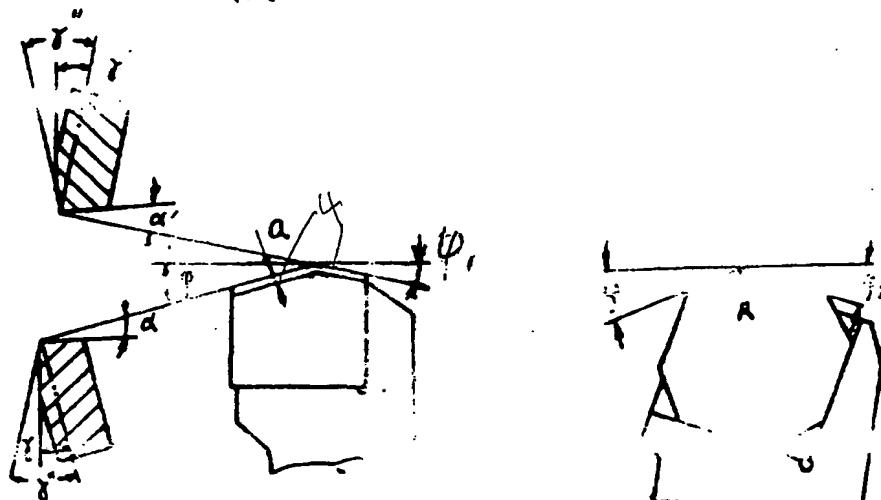


图3

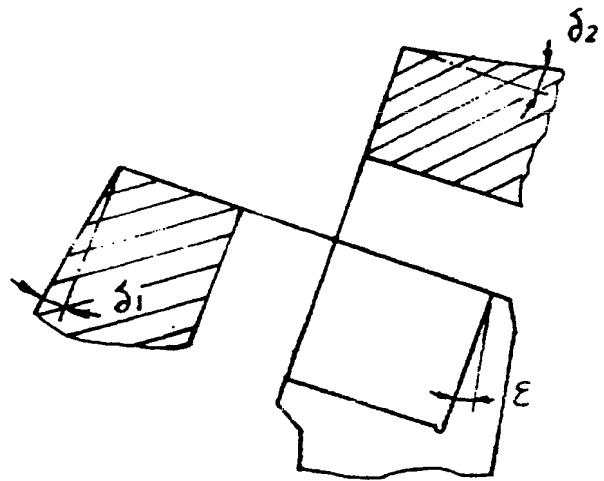


图 4



图 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)